

中小型水利工程围堰选型与施工技术探讨

苏昭杰

河北省水利工程局集团有限公司，河北石家庄，050000；

摘要：本文聚焦中小型水利工程围堰选型与施工，首先分析工程地质水文、工程功能工期、经济性与环境协调性三大核心影响因素；其次分类介绍土围堰、钢板桩围堰等典型方案及适用场景；进而阐述地基处理、填筑拼装、防渗排水等关键施工技术；最后提出全流程质量控制与安全保障措施，包括材料检验、工序监测、汛期防控及拆除环保要求。研究成果可为中小型水利工程围堰设计与施工提供科学指导，助力提升工程建设质量与生态效益。

关键词：中小型水利工程；围堰；选型方案；施工技术

DOI：10.69979/3029-2727.26.05.080

中小型水利工程是保障农业灌溉、乡村供水及区域防洪安全的重要基础设施，围堰作为工程施工期的临时挡水构筑物，其选型科学性与施工规范性直接影响工程质量、进度及投资效益。本文结合中小型水利工程特点，系统分析围堰选型核心影响因素，梳理典型选型方案及适用场景，阐述施工关键技术要点，提出质量控制与安全保障措施，为工程实践提供技术参考。

1 中小型水利工程围堰选型的核心影响因素分析

1.1 工程地质与水文条件

地质条件是围堰选型的基础，直接决定结构形式与施工难度。中小型水利工程常见地基类型及适配围堰形式如下：黏性土地基抗渗性好，适配土围堰或土石混合围堰，需严控边坡稳定；砂壤土地基渗透性强、易发生管涌，宜选用钢板桩围堰配合防渗帷幕；岩石地基承载力高，可采用混凝土或浆砌石围堰，能有效缩减工程体量与投资。

水文条件核心指标包括降水、径流、水位变幅及流速，直接影响围堰抗冲刷性与挡水能力。汛期流量大、水位变幅显著的流域，需选用混凝土、钢板桩等刚性围堰；流量稳定、水位平缓的河道，可选土围堰、橡胶坝等柔性围堰兼顾经济性与便捷性。当流速超过 3m/s 时，土围堰易被冲刷，需采用抛石或混凝土预制块护面的复合围堰。

1.2 工程功能与施工工期要求

工程功能决定围堰挡水标准与使用年限：小型水电站围堰需保障厂房干燥施工，按百年一遇洪水设计，宜选用耐久性强的混凝土或浆砌石围堰；农田灌溉围堰多为临时设施，可选用施工简便的土围堰或编织袋围堰。

施工工期是重要约束条件：工期紧张时，优先选用钢板桩、铝合金模板等预制装配化围堰，缩短施工周期；

工期宽松则可选择经济性优的土围堰或土石混合围堰，预留充足地基处理与填筑时间。同时需兼顾施工季节影响，冬季需防范冻土对填筑质量的影响，夏季需应对暴雨、高温等恶劣天气威胁。

1.3 经济性与环境协调性

中小型水利工程投资有限，选型需综合权衡材料、施工、设备及拆除成本，优先采用就地取材、工艺简单的形式：土质与砂石丰富区域可选土或土石混合围堰；山区建材匮乏、运输成本高时，宜采用预制构件拼装式围堰。

环境协调性要求兼顾生态保护与周边影响：生态敏感区域应避免大规模开挖，选用橡胶坝、可拆除式钢板桩等围堰；施工过程中需严格控制扬尘、噪音与水土流失，减少对居民生活及农田生产的干扰。

2 中小型水利工程围堰的典型选型方案及适用场景

2.1 土围堰与土石混合围堰

土围堰是中小型水利工程中应用最广泛的围堰形式之一，具有取材方便、施工简单、成本低廉等优点。其主要由黏性土、粉质黏土等不透水材料填筑而成，围堰顶宽一般为 $1.5\text{--}2.0\text{m}$ ，边坡坡度根据土质情况确定，黏性土边坡可采用 $1:1.5\text{--}1:2.0$ ，砂壤土边坡需适当放缓至 $1:2.0\text{--}1:2.5$ 。土围堰适用于水深较浅（一般不超过 6m ）、流速较小（小于 2m/s ）的河道，且施工场地须具备充足的不透水土层资源。

土石混合围堰是在土围堰基础上优化形成的复合围堰形式，由核心防渗土料和外层透水土料组成。核心部分采用黏性土填筑，保障防渗性能；外层采用砂砾石或块石填筑，提高围堰的抗冲刷能力和整体稳定性。相较于纯土围堰，土石混合围堰的适用水深更深（可达 10m ）、抗冲刷能力更强，适用于流速较大、水位变幅

适中的中小型水利工程。施工中需重点控制核心土料的压实质量，压实度应不低于 0.95，同时确保土石界面结合紧密，避免出现渗透通道。

2.2 钢板桩围堰

钢板桩围堰属于刚性围堰，具有强度高、整体性好、抗渗性能强、施工速度快及可重复利用等优点，在中小型水利工程的深基坑施工中应用日益广泛。其主要采用 U 型、Z 型或拉森型钢板桩，通过打桩机将钢板桩逐根打入地基，形成封闭的挡水结构。钢板桩围堰适用于水深 6-15m、地质条件复杂（如砂层、砂砾石层）的河道，尤其适用于工期紧张、对施工干扰要求高的工程。

根据中小型水利工程的特点，钢板桩围堰可采用单排或双排布置形式。单排钢板桩围堰适用于水深较浅、地基承载力较好的场景，结构简单、施工便捷；双排钢板桩围堰则通过在两排钢板桩之间填充砂土或混凝土，形成更稳定的挡水结构，适用于水深较大、流速较快的区域。施工中需注意钢板桩的垂直度控制，垂直度偏差应不超过 1%，同时加强钢板桩接头的密封处理，采用密封胶或黄油棉絮填充接头缝隙，确保防渗效果。

2.3 混凝土围堰与浆砌石围堰

混凝土围堰具有强度高、耐久性强、抗冲刷能力突出等优点，适用于使用年限较长、挡水标准高的中小型水利工程，如小型水电站、骨干灌溉工程等。其主要分为重力式混凝土围堰和薄壁式混凝土围堰两种形式，重力式围堰依靠自身重量维持稳定，适用于岩石地基；薄壁式围堰采用钢筋混凝土结构，重量轻、强度高，适用于地基承载力较低的区域。混凝土围堰的施工需严格控制混凝土配合比和浇筑质量，浇筑过程中采用分层浇筑、振捣密实，避免出现裂缝。

浆砌石围堰是一种传统的刚性围堰形式，以块石为主要材料，采用水泥砂浆砌筑而成，具有取材方便、成本适中、耐久性较好等优点，适用于石材资源丰富的山区中小型水利工程。其适用于水深不超过 10m、流速较小的河道，施工中需选用强度等级不低于 MU30 的块石，水泥砂浆强度等级不低于 M7.5，砌筑时保证灰缝饱满、错缝搭接，搭接长度不小于 10cm。相较于混凝土围堰，浆砌石围堰施工速度较慢，但材料成本更低，更符合山区工程的资源条件。

2.4 新型环保围堰

随着生态环保要求的不断提高，新型环保围堰在中小型水利工程中的应用逐渐增多，主要包括橡胶坝围堰、充气式围堰等。橡胶坝围堰采用高强度合成橡胶材料制成，具有重量轻、施工便捷、可折叠收纳、可重复利用等优点，适用于水深较浅、流速较小的生态敏感区域。

其施工无需大规模开挖，仅需在河道两岸设置锚固装置，将橡胶坝固定后充气即可挡水，施工周期可缩短至几天内，且拆除后对河道生态环境几乎无影响。

充气式围堰与橡胶坝围堰原理类似，采用高强度聚酯纤维布涂覆 PVC 材料制成，具有抗冲击性能强、防渗效果好等特点。其适用于临时挡水、抢险救灾等场景，可根据工程需求快速组装和拆除。新型环保围堰的缺点是抗冲刷能力较弱，不适用于流速较大的河道，且材料成本相对较高，但其在生态保护方面的优势使其在中小型水利工程中具有广阔的应用前景。

3 中小型水利工程围堰施工的关键技术要点

3.1 地基处理技术

地基处理是保障围堰稳定性与防渗性能的关键，需根据地质条件针对性实施：黏性土地基若承载力达标，清除地表 0.5m 以上杂草、腐殖土等软弱层后即可填筑；若承载力不足，采用级配良好的砂砾石或碎石换填，换填厚度 1-3m，分层压实度不低于 0.96。

砂土地基需重点防控管涌与流砂，采用振冲碎石桩加固地基，配合高压旋喷桩形成防渗帷幕，帷幕深度需穿透砂层并嵌入不透水层 $\geq 0.5m$ 。砂砾石地基渗透系数较大时，采用灌浆法处理，通过注入水泥浆或化学浆液填充空隙形成防渗层。岩石地基只需清除表面松动岩石与浮渣，若存在裂隙，采用水泥砂浆或环氧砂浆封堵确保整体性。

3.2 围堰填筑与拼装技术

土围堰与土石混合围堰填筑核心是控制填料与压实质量：填料选用透水性小、抗剪强度高的黏性土或粉质黏土，严禁使用淤泥、冻土及含杂草、树根的土料；采用分层填筑、分层压实工艺，每层虚铺厚度 20-30cm，选用蛙式打夯机或小型压路机压实，黏性土围堰压实度 ≥ 0.95 ，土石混合围堰核心土料压实度 ≥ 0.96 ，外层石料采用振动碾压。填筑顺序从两端向中间推进，避免纵向缝，同步做好边坡修整保障平整稳定。

钢板桩围堰拼装重点关注吊运、插打与接头处理：吊运采用两点吊法避免碰撞变形；插打前设置导向架确保方向准确，从上游开始逐根向两侧推进，采用经纬仪实时监测垂直度，出现倾斜及时校正；接头采用锁口连接，插打前涂抹黄油或润滑油减少阻力、提升密封性，若存在渗漏采用棉絮、密封胶封堵。

混凝土围堰浇筑需遵循规范要求：施工前做好钢模板或覆膜胶合板支护，确保牢固严密；采用分层浇筑工艺，每层厚度 50-80cm，插入式振捣器振捣至表面泛浆、不再下沉；浇筑完成后及时养护，养护时间不少于 14 天，保持表面湿润避免裂缝。浆砌石围堰砌筑需保证块

石平整、灰缝饱满,采用坐浆法施工,灰缝厚度2-3cm,完成后及时勾缝养护,提升防渗性能与整体性。

3.3 防渗与排水技术

防渗技术直接影响挡水效果,需根据围堰类型针对性应用:土围堰与土石混合围堰可采用黏土心墙或复合土工膜防渗,黏土心墙厚度0.5-1.0m,与上下游坝体阶梯式搭接;HDPE复合土工膜厚度不小于0.5mm,铺设平整无褶皱,搭接宽度 $\geq 10\text{cm}$,热融焊接强度不低于母材。

钢板桩与混凝土围堰防渗依赖结构密封性,重点加强接头与施工缝处理:钢板桩接头采用密封胶封堵,混凝土围堰施工缝设置橡胶或钢板止水带,确保安装位置准确、固定牢固。排水技术分为外侧与内侧排水:外侧通过排水沟、集水井排除雨水与地表水,避免冲刷边坡;内侧采用轻型井点降水(适用于砂土地基)或集水明排(适用于黏性土地基),通过基坑底部排水沟、集水井配合水泵排出积水。

4 中小型水利工程围堰施工的质量控制与安全保障措施

4.1 施工质量控制措施

建立完善质量控制体系,明确责任分工,实施材料进场、施工过程及成品验收全过程管控。材料进场前严格检验:土料检测含水量、干密度等指标,钢板桩检测材质、锁口密封性等指标,混凝土原材料检测水泥强度、砂石级配等指标,不合格材料严禁进场。

施工过程强化关键工序监测:围堰填筑每层检测压实度(环刀法或灌砂法),不合格不进入下一层;钢板桩插打监测垂直度与入土深度;混凝土浇筑监测坍落度、浇筑温度及振捣质量,避免蜂窝、麻面等缺陷。防渗工程专项检测:土工膜焊接后采用0.2-0.3MPa充气法检测,保持5-10min无泄漏为合格;混凝土止水带进行外观检查与渗水试验。

成品验收全面检测核心指标:采用全站仪检测平面位置与高程,偏差控制在设计允许范围;通过渗水试验检测防渗性能,渗流量不大于设计限值;结合稳定性计算与现场观测,评估围堰在设计洪水条件下无滑移、倾覆等破坏风险。

4.2 施工安全保障措施

强化施工安全管理,建立安全管理制度与应急预案,配备专职安全员,定期开展安全培训与应急演练。施工前勘察场地排查隐患,河道两岸设置安全警示标志,严

禁非施工人员进入。高空作业(边坡修整、模板支护)人员需佩戴安全防护用品,搭设安全脚手架。

加强机械设备安全管控,定期检修维护打桩机、压路机等设备,确保正常运行,严禁带故障作业。合理安排钢板桩插打、混凝土浇筑等工序,避免机械设备碰撞事故。汛期专项管控:密切关注天气与水文信息,储备编织袋、块石等防汛物资,制定应急预案,遇暴雨、洪水等恶劣天气立即停工,组织人员设备撤离。

4.3 围堰拆除的技术要求与环保措施

围堰拆除需在主体工程完成且满足设计条件后实施,遵循“自上而下、分区分段、先非承重后承重”原则:土围堰与土石混合围堰采用挖掘机开挖,控制开挖速度避免冲击主体工程与河道边坡;钢板桩围堰采用拔桩机逐根拔除,拔除前清理积水与杂物减少阻力;混凝土与浆砌石围堰采用机械破碎或静态爆破(生态敏感区域优先)拆除。

拆除过程中落实环保措施:可回收土料、石料用于道路填筑或场地平整,不可回收废弃物运至指定垃圾场,严禁丢弃河道。采用洒水车降尘、选用低噪音设备,减少对周边环境干扰。拆除完成后及时清理河道残留杂物,恢复原有地貌与水流通道,保障生态环境完整性。

5 结束语

综上,中小型水利工程围堰选型与施工需统筹多方面因素,坚持因地制宜、科学适配原则。合理选型是基础,规范施工是核心,严格管控是保障。后续工程实践中,应持续优化技术方案,强化生态环保理念,推动围堰施工技术提质增效,为中小型水利工程高质量建设提供坚实支撑,更好发挥其在乡村振兴与区域水利保障中的重要作用。

参考文献

- [1] 陈环,张崇昌. 中小型水利工程施工中围堰技术的应用[J]. 中国新技术新产品, 2021, (10): 103-105.
- [2] 卢志卿,俞扬,韦学军. 中小型水利工程施工中围堰技术的应用[J]. 工程建设与设计, 2020, (21): 133-135.
- [3] 栾刚. 围堰技术在中小型水利工程施工中的应用分析[J]. 科技创新, 2019, (34): 129-130.
- [4] 陈俊果. 中小型水利工程施工中围堰技术工艺分析[J]. 科技创新与应用, 2019, (28): 104-105.
- [5] 董树春. 中小型水利工程施工中围堰技术的应用浅析[J]. 中外企业家, 2019, (19): 125.